

VŠB- Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

**Projektová studie pracoviště pro aplikaci transparentního
povlaku**

**Project Study of Workplace for Application of Transparent
Coating**

Student:

Jaromír Sedlák

Vedoucí bakalářská práce:

doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

Ostrava 2012

Zadání bakalářské práce

Student: **Jaromír Sedlák**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: Projektová studie pracoviště pro aplikaci transparentního povlaku
Project Study of Workplace for Application of Transparent Coating

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rozbor současného stavu aplikace transparentního povlaku ve výrobě.
2. Proveďte návrh variantního řešení pracoviště včetně kapacitních výpočtů.
3. Proveďte vyhodnocení variantních řešení.
4. Zpracujte technickou zprávu.

Seznam doporučené odborné literatury:

MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P.: *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag, Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.
BURAKOWSKI, T., WIERZCHOŃ, T.: *Surface Engineering of Materials*. CRC Press LLC, 1999. 592 s. ISBN 0-8493-8225-4.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012


prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21.5. 2012

..... 

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21.5.2012

.....


podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Jaromír Sedlák

Adresa trvalého pobytu autora práce: Nová 2, Mohelnice 789 85

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

SEDLÁK, J. *projektová studie pracoviště pro aplikaci transparentního povlaku*. Ostrava: Katedra mechanické technologie, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2012, 49 s. Bakalářská práce, vedoucí doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

Tato práce se zabývá transparentním vodou ředitelným nátěrovým systémem dodaný z Ruské federace s nízkým obsahem VOC látek. Úkolem bakalářské práce je navrhnout pracoviště lakovny určené pro tento nátěrový systém. Důraz je kladen především na antikorozi a technologické vlastnosti nátěrového systému. Teoretická část se zabývá současným stavem nátěrových hmot, aplikací těchto systémů, dopravníkovými systémy pro lakovací linku a příkladu pracoviště lakovny. Experimentální část je zaměřena na lepivost nátěrových filmů na sebe, stanovení tloušťky suchého filmu a návrh dvou variantních řešení projektu pracoviště lakovny, které jsou mezi sebou porovnány a vyhodnoceny.

ANNOTATION OF THE THESIS

SEDLÁK, J. *Project Study of Workplace for Application of Transparent Coating* Ostrava: Department of Mechanical Engineering Technology, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2012, 49 p. Thesis, head doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

This work deals with a transparent water-based coating system supplied from the Russian Federation, with a low VOC substances. The task of the thesis is to design a workplace for the paint coating system. Emphasis is placed on corrosion and technological properties of the coating system. The theoretical part deals with the current condition of coatings and applications of these systems, conveyor systems, for example paint line and paint workplace. The experimental part is focused on the reciprocal adhesion of coating films, the determination of dry film thickness and design of two alternative solutions of the paint workplace project, which are compared and evaluated each other.

OBSAH

1	Seznam použitého značení	8
2	Úvod.....	10
3	Organické nátěrové hmoty	11
3.1	Nátěrový systém (hmota)	11
3.2	Filmotvorné látky	11
3.3	Pojivo	12
3.4	Změkčovadla	12
3.5	Rozpouštědla	12
3.6	Plniva.....	13
3.7	Aditiva.....	13
3.8	Pigmenty	13
3.8.1	Nanopigmenty.....	14
4	Aplikace nátěrových hmot	15
4.1	Aplikace nátěrových hmot štětcem	15
4.1.1	Postup aplikace nátěrové hmoty štětcem	16
4.2	Aplikace nátěrových hmot pneumatickým stříkáním	16
5	Dopravníkové systémy	19
5.1	Skluzy.....	19
5.2	Válečkový dopravníkový systém	20
5.3	Podvěsné dopravníkové systémy	20
5.4	Řetězové dopravníky.....	22
6	Sušení nátěrových hmot.....	23
6.1	Sušení a vypalování nátěrů ohřátým vzduchem	24
7	Příklad lakovací linky	25
8	Experimentální část.....	26
8.1	Specifikace nátěrové hmoty z ruské federace	26

8.2	Podkladový materiál Trubka (Roura).....	26
8.3	Lepivost nátěrových filmů na sebe	27
8.4	Měření drsnosti povrchu vzorků dle ČSN EN ISO 4287	29
8.5	Stanovení tloušťky suchého filmu dle ČSN EN ISO 2808	30
8.6	Návrhy lakovacích linek	32
8.6.1	Variantní řešení A	33
8.6.2	Variantní řešení B	38
8.7	Návrh pro svazkování	40
8.8	Kapacitní výpočty	40
8.9	Spotřeba nátěrové hmoty.....	44
9	Ekonomické zhodnocení.....	45
10	Závěr	46
11	POUŽITÁ LITERATURA	49

1 Seznam použitého značení

Znak	Veličina	Jednotka
A	dny sobot a nedělí	[den]
B	dny placených svátků	[den]
C	dna dovolené	[den]
C5	Korozní prostředí s největší agresivitou	[-]
ČSN	Česká technická norma	[-]
D _r	efektivní časový fond dělníka	[-]
d	průměr pláště trubky	[mm]
d _v	velikost výrobní dávky	[ks]
EN	Evropská norma	[-]
E _{se}	efektivní kapacita pracoviště za rok	[den/rok]
E _{de}	efektivní časový fond dělníka	[den/rok]
m	hmotnost	[kg]
G	obecné překážky a dny pracovní neschopnosti	[den]
g	počet vzájemně zaměnitelných pracovišť	[-]
h	přijatý počet pracovních hodin za směnu	[hod]
h	délka válcové části trubky	[mm]
ISO	Mezinárodní norma	[-]
JIS	japonská průmyslová norma	[-]
L	délka měřeného úseku	[mm]
P _V	počet výrobních strojů	[ks]
Q _k	počet kusů výrobků	[ks]

Znak	Veličina	Jednotka
Ra	aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic Z(x) v rozsahu základní délky měření	[μm]
Rku	špičatost posuzovaného profilu	[-]
Rp	nejvyšší výška výstupku profilu	[μm]
Rq	průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu	[μm]
Rsk	šikmost posuzovaného profilu (součinitel asymetrie)	[-]
Rv	největší hloubka prohlubně profilu	[μm]
Ry	maximální výška profilu	[μm]
Rz	součet výšky nejvyššího výstupku a hloubky nejnižší prohlubně v rozsahu délky měření	[μm]
s	směnnost pracoviště	[-]
t	tloušťka vrstvy	[μm]
t _{Ai}	čas jednotkové práce na i-tém pracovišti	[min]
t _{Bi}	čas dávkové práce na i-tém pracovišti	[min]
t _i	pracnost operace	[hod]
V	objem	[m ³ , litr]
VOC	Těkavé organické látky	[-]
Z(x)	osa souřadného systému	[-]
z	% nevyhnutelných časových ztrát. Jejich velikost se pohybuje ve strojírenství 5 - 10%.	[-]
π	Ludolfovo číslo	[-]
ρ	hustota	[kg/m ³]
λ_c	délka měřeného úseku	[mm]

2 Úvod

V téměř všech výrobních odvětvích se klade velký důraz na předúpravu povrchu ocelových konstrukcí, neboť zabezpečují protikorozi ochranu výrobku, určují jejich vnější vzhled a upravují i mění jejich funkční vlastnosti (např. tvrdost, elasticita, přilnavost, otěruvzdornost a jiné). Abychom do určité míry prodloužily a zlepšily tyto vlastnosti, použijeme různé ochranné povlaky či nátěry.

K řešení problematiky povrchových úprav využíváme znalostí z elektrochemie, metalurgie, chemie, fyziky, vlastností materiálů a v neposlední řadě i z teorie a technologií povrchových úprav.

Povlaky a nátěrové hmoty jsou neustále předmětem vývoje. Z ekonomického a ekologického hlediska bývají mnohé materiály často vylučovány z dalšího používání. Současné trendy se ubírají směrem k oboru nanotechnologie. Jedná se o vědní obor, kde velikost vstupních surovin se pohybuje v měřítku 10^{-9} m a jsou nazývány „nanočásticemi“. Předpona nano - je tedy něco velice malého, proto se pohybujeme v rozměrech atomů a molekul. Nanotechnologie se využívá v oborech jako je medicína, stavebnictví, elektronika, vojenský průmysl a v neposlední řadě ve strojírenství.

Tato práce se zabývá problémem aplikace transparentních nátěrových systémů na roury průměru 26,9x2; 20x3; 12,7x3 mm, včetně projektové studie pracoviště. Roury se používají na transport určitých tekutých látek a je velice důležité, aby byly povrchově chráněny z vnější strany z důvodu protikorozi ochrany.

3 Organické nátěrové hmoty

Jedná se o nejstarším, nejpoužívanějším a stále nejekonomičtějším prostředkem ve všech průmyslových oborech. *"Tvoří asi 80 až 90 % všech povlaků"*. [1] Je to dáno nejen vysokým ochranným účinkem nátěrových systémů, ale i jednoduchostí a dostupností způsobů vytváření těchto povlaků. Aplikace nevyžaduje složitá zařízení, nejsou omezená tvarem a velikostí výrobku, nátěry jsou dobře opravitelné. Hlavním významem nátěrových hmot je ochranný účinek (proti povětrnosti, mořské vodě, olejovzdorný, ohnivzdorný, antivibrační ap.), důležité jsou však i další specifické účely jako např. dekorativní, signální, maskovací, fungicidní, baktericidní, svítící, matovací, elektrovedlivý a jiné.

3.1 Nátěrový systém (hmota)

Nátěrový systém je definován jako: souvislý povlak vhodně sloučených látek, dle požadovaných vlastností, nanesených a zaschnutých v jedné nebo několika nátěrových vrstvách na upravovaném povrchu předmětu. Podle počtu nanesených vrstev dělíme nátěry na jedno a vícevrstvé, které se zařazují do skupin podle vlastností a účelu, vzhledu a pořadí v nátěrovém systému. Patří mezi ně např. napouštěcí nátěry, základní barvy, tmely, podkladové barvy, vrchní barvy a emaily ap. Nátěrové hmoty jsou všechny výrobky používané k provádění nátěrů. Tyto organické látky různých druhů nanášíme v tekutém nebo těstovitém stavu, vytvoří na předmětu souvislý film požadovaných vlastností. Pro zhotovení organických povlaků se vedle nátěrových hmot používají i práškové makromolekulární látky. Jejich využití je však technologicky náročnější a v souvislosti s tím se používají termíny práškové nátěrové hmoty a práškové plasty. [1] Základními složkami nátěrových hmot jsou:

- filmotvorné látky (pojiva a změkčovadla).
- plniva pigmenty a barviva
- těkavé složky (ředidla a rozpouštědla)
- ostatní přísady (aditiva)[2]

3.2 Filmotvorné látky

Filmotvorné látky patří většinou mezi netěkavé organické látky, které mohou po zaschnutí vytvářet tuhý souvislý film různé tloušťky. Patří mezi ně vysychavé oleje (rostlinné, živočišné nebo syntetické), přírodní pryskyřice (kalafuna, šelak, kopál) používané zejména v kombinaci s jinými filmotvornými látkami, deriváty celulózy (nitrát

celulózy, acetát celulózy), deriváty kaučuku (chlorovaný kaučuk, cyklizovaný kaučuk), asfalty (přírodní a získané zpracováním ropy) a syntetické pryskyřice (alkydy, epoxidy, vinylové polymery, polyadiční pryskyřice aj.). *"Vlastnosti filmotvorných látek mají rozhodující vliv na ochrannou účinnost a životnost nátěrů"*. [1] Chemické vazby obsažené ve filmotvorné složce určují, zda nátěr bude odolávat kyselinám, hydroxidům a povětrnostním podmínkám. Polární skupiny filmotvorných látek určují svou fyzikální a chemickou povahou přilnavost a další vlastnosti nátěru. [1]

3.3 Pojivo

Nedílnou součástí nátěrové hmoty je pojivo. Spojuje jednotlivé složky nátěrové hmoty. [1]

3.4 Změkčovadla

Do skupiny filmotvorných látek zařazujeme také změkčovadla (dibutylftalát, chlorovaný parafin, chlorovaný difenyl aj.). Změkčovadla jsou viskózní až tuhé látky prakticky netěkavé, které buď nabobtnávají, nebo rozpouštějí filmotvorné složky a přitom upravují jejich vysokou křehkost a tvrdost tak, aby nátěry získaly požadované vlastnosti, zejména vláčnost a pružnost. Používají se hlavně u celulóзовých nátěrových hmot, na bázi derivátů kaučuku, nátěrových hmot polymerátových aj. [1]

3.5 Rozpouštědla

Rozpouštědla jsou těkavé látky, mají za úkol rozpouštět filmotvorné látky. Nátěrové hmoty musí mít viskozitní vlastnost. Přidává se proto do nich rozpouštědlo, které umožní jejich nanesení na chráněný povrch předmětu.

Tím je jejich funkční úloha splněna. Přítomnost i nepatrného množství těkavých složek v nátěrech značně zhoršuje jejich odolnost, zejména v případech, kdy jsou nátěry po zhotovení vystaveny působení kapalného agresivního prostředí. Druh rozpouštědla se volí podle rozpustnosti filmotvorných složek.

Nejběžnější jsou terpentýnová silice, lehký benzín, toluen, benzen, etylalkohol, etylacetát, aceton, glykoleter apod. Dle rychlosti odpařování se dělí na lehká, střední a těžká. Směsi, kterými se upravuje tekutost nátěrových hmot na vhodnou hustotu, nazýváme ředidly. Konzistence nátěrových hmot musí být různorodá, tak jak je různorodá technologie jejího nanášení (např. nanášení štětcem, stříkáním apod.)

3.6 Plniva

Plniva bývají obvykle jemně rozemleté minerální látky (těživec, mastek, křída aj.) nerozpustné v pojivech, které vhodně upravují technologické vlastnosti nátěrových hmot (např. zabraňují smrštění filmu po zaschnutí ap.). [1]

3.7 Aditiva

Mezi aditiva patří pomocné přísady, které obdobně jako plniva vhodně upravují technologické a fyzikální vlastnosti nátěrových hmot. Jde především o sušidla, emulgátory, stabilizátory, zvláčňovadla atd. [1]

3.8 Pigmenty

Pigmenty jsou barevné prášky nerozpustné v pojivech a rozpouštědlech. Dodávají nátěrové hmotě její barevný odstín a kryvost. Jedná se o látky anorganické, organické, nebo směsné povahy (nejčastěji oxidy nebo soli kovů).[2]

Pigmenty můžeme dělit podle různých kritérií. Podle chemického složení, jiným měřítkem může být i barevný odstín.

Podle jejich funkce při ochraně proti korozi je dělíme do tří skupin:

- a) inhibiční pigmenty (suřík olovnatý, zinková žluť, zinkový prach, olovičitan divápenatý, suboxid olova)
- b) neutrální pigmenty (chroman olovnatý, titanová běloba, oxid železitý, hliníkový bronz, slída)
- c) stimulující pigmenty (grafit, saze, některé oxidy železa) [1]

Pigmenty jednotlivých skupin se ve styku s chráněným kovem chovají za přítomnosti vody a kyslíku, případně jiných látek, odlišně. Inhibiční pigmenty korozi zpomalují (vlivem katodické reakce -zinkem, příp. ovlivnění průběhu anodické reakce -chromany). Neutrální pigmenty se nepodílí na průběhu koroze, spíše stimulující korozi zrychlují. Destičková struktura u pigmentů zlepšuje mechanické vlastnosti nátěru.[1]

Barevný odstín nátěru určují pigmenty, který má důležitou funkci nejen pro jeho estetické vlastnosti, ale také antikorozi a technologické vlastnosti.[2]

Kryvost (krycí schopnosti) je důležitou vlastností nátěrových hmot, kterou můžeme definovat jako schopnost nátěru zakrýt daný podklad i při relativně malé tloušťce filmu, řádově několik desítek mikrometrů ($1 \text{ mikrometr} = 10^{-6} \text{ m}$). [2]

Dalším možným kritériem u pigmentů je například **světlostálost**. Vlivem ultrafialové složky slunečního světla mění některé pigmenty své vzhledové vlastnosti. Některé organické pigmenty časem blednou (barevný odstín se stává světlejší a méně sytý), a některé anorganické pigmenty zase naopak tmavnou (jejich barevný odstín tmavne a stává se méně výrazný). Proto se pigmenty s nižší světlostálostí se nehodí pro venkovní nátěrové hmoty. [2]

Při výběru pigmentace se vychází ze znalostí korozního prostředí, vlastností pigmentů, filmotvorných látek a požadované životnosti nátěrů. Požadované vlastnosti nátěrového filmu jsou též podstatně závislé na velikosti objemového podílu pigmentů a plnidel, při nižších podílech je film hladký a lesklý, při vyšších je výsledný film matný a má drsnější povrch. [1]

Další vlastností je i odolnost vůči povětrnostním vlivům. Není tím myšlena pouze odolnost pigmentu, ale i to, jak pigment ovlivňuje vlastnosti celého nátěru. K znehodnocení pigmentu může dojít, např. pokud by se nátěr rozpouštěl účinkem deště, případně i působením vzdušného oxidu uhličitého, tím dochází k vymývání pigmentu z nátěru. Na žádnou povrchovou úpravu určenou pod volnou oblohou se nehodí takový pigment, který by měnil svůj odstín účinkem kyselých dešťů. Hrozí vzniknutí různobarevných skvrn (okolí průmyslových center a v centrech měst, pak se nehodí např. na nátěry automobilových karoserií). Anorganické pigmenty obecně jsou více odolné vůči povětrnosti nežli organické. [2]

3.8.1 Nanopigmenty

Tvoří součást nanomateriálů, konkrétně nanokompozitních materiálů. Nanomateriály mají místo v širokém oboru nanotechnologie. Slovo "nano" je přejato z řeckého jazyka, ve kterém označuje trpaslíka. 1 nm je $1 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 0,000\,000\,001 \text{ m}$ což je asi průměr atomu fulleronu.

Nanotechnologie aplikuje znalostí z nanovědy při vytváření materiálů, struktur a zařízení. [3]

Nanověda je věda zabývající se studiem hmoty na atomové a molekulární úrovni (obvykle od 0,1 do 100 nm), kde se vlastnosti výrazně liší od vlastností při větších rozměrech.[3]

Nanomateriál - má vlastnosti odlišné od vlastností běžných materiálů se stejným chemickým složením, v případě nanopigmentů se jedná i o optické vlastnost, jako je transparentnost pigmentů. [3]

4 Aplikace nátěrových hmot

Mezi nejdůležitější faktory, které mají rozhodujícím způsobem vliv na jakost a celkovou životnost nátěrů je správná volba technologie nanášení. Existuje mnoho způsobů nanášení nátěrových hmot a každý má své výhody a nevýhody. Při výběru správného způsobu nanášení je nutné zjistit povahu jednotlivých nátěrových hmot, povahu natíraného předmětu a další podmínky, za nichž se nátěr zhotovuje.

Hlediska pro výběr technologie nanášení:

- Velikost, tvar a množství upravovaných předmětů
- požadované finální vlastnosti zhotovovaného nátěru (vzhled, tloušťka, stupeň korozního namáhání)
- kvalita povrchu materiálu (pórovitost, stupeň čistoty, předběžné úpravy apod.)
- vlastnosti použitých nátěrových hmot (reologické vlastnosti, rychlost zasychání, slévatelnost, tekutost, rozpouštědel, měrná vodivost atd.)
- pracnost a ekonomie jednotlivých technologií nanášení [4]

4.1 Aplikace nátěrových hmot štětcem

Z hlediska nanášení se jedná o nejstarší a nejpoužívanější metodu aplikace nátěrových hmot. Vyžaduje řemeslnou zručnost a závisí na pečlivosti natěračů. Vyžaduje vhodné odborně udržované štětce, které jsou vyráběny v různých velikostech a provedeních. Nové štětce s dlouhými štětinami se podvazují, čímž se svazek zkrátí a zpevní. Štětiny pro vrchní hladké nátěry je třeba zbrousit do klínu. V případě opotřebení podvázaných štětců se podle potřeby provádí prodlužování tím, že se uvolňuje podvázání. Délka štětin nesmí být delší než 5 cm. Delší štětiny se používají pro řidší nátěrové hmoty, kratší pro hustší nátěrové hmoty.[4]

4.1.1 Postup aplikace nátěrové hmoty štětcem

Vlastní postup natírání provedeme tak, že štětec ponoříme do nátěrové hmoty až k podvázání u kulatých štětců, nebo až k plechové objímce u štětců plochých. Po několika okamžicích ponoru nátěrovou hmotu vytřeme o hranu nádoby. Tím zajistíme vyplnění prostoru mezi štětinami nátěrovou hmotou a všechny štětiny jsou tak řádně smočeny. Štětec po namočení do nátěrové hmoty lehce otřeme, abychom odstranili její přebytek.[4]

V druhé fázi nátěrovou hmotu naneseeme třemi až čtyřmi od sebe vzdálenými tahy za mírného tlaku štětce na povrch předmětu. Při prvním tahu je tlak mírnější, v následujících tazích se mírně stupňuje. Tlakem na štětec nátěrovou hmotu uvolňujeme a štětec vyprazdňujeme. V další fázi vrstvy nátěrové hmoty nanesené v předchozí operaci roztíráme kolmo na původně nanesené pruhy. *"Tlak štětce je větší než při prvním nanášení a tahy jsou kladeny těsně vedle sebe"*[4]. Pak vrstvu nátěrové hmoty roztíráme ještě jednou důkladněji, opět kolmo na předcházející tahy, tím dosáhneme největšího tlaku. Poslední fáze je uhlazení nátěru mírným tlakem na štětec, kolmo na předchozí tahy. [4]

Předchozí nanášení předešlých nátěrů štětcem je, že se dosahuje dokonalého rozpracování nátěrové hmoty, jejího rozetření a přilnutí do pórů materiálu, čímž se docílí dokonalé soudržnosti nátěru k podkladovému materiálu. Velkou výhodou je, že při tomto způsobu nanášení jsou minimální ztráty nátěrové hmoty. Pro to nebylo nanášení štětcem ještě vytlačeno jinými metodami při úpravě konstrukcí, lodí apod. Značná pracnost je nevýhodou.[4]

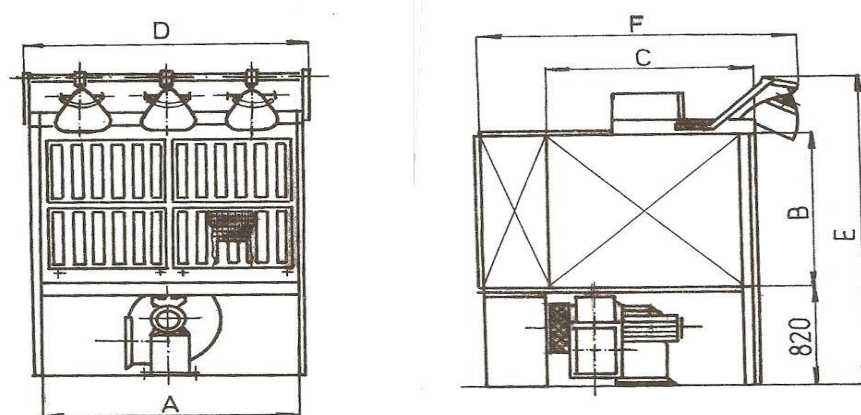
4.2 Aplikace nátěrových hmot pneumatickým stříkáním

V dnešní době je to jeden z nejrozšířenějších způsobů nanášení, vhodný pro novodobé rychle schnoucí nátěrové hmoty celulózoové a syntetické. Hodí se zvláště pro velké plochy, kde můžeme dosáhnout rovnoměrného nástřiku a velmi hladkého povrchu. Tuto metodu můžeme dobře mechanizovat i automatizovat. Stříkáci pistole je základ všech stříkacích zařízení. Ve stříkáci pistoli je proud nátěrové hmoty strháván proudícím stlačeným vzduchem tak, že se vytvoří kužel jemných kapek, které dopadají na stříkaný předmět a slévají se v souvislý povlak. Nevýhodou stříkání je značné rozprašování nátěrové hmoty do okolí a ztráty rozpouštědla, protože nátěrová hmota určená ke stříkání musí být dostatečně zředěna.[4]

Stříkání je realizováno ve stříkacích kabinách, jejich účelem je omezit rozstřík nátěrové hmoty na co nejmenší prostor a zneškodnit unikání těkavých podílů nátěrových hmot. [4]

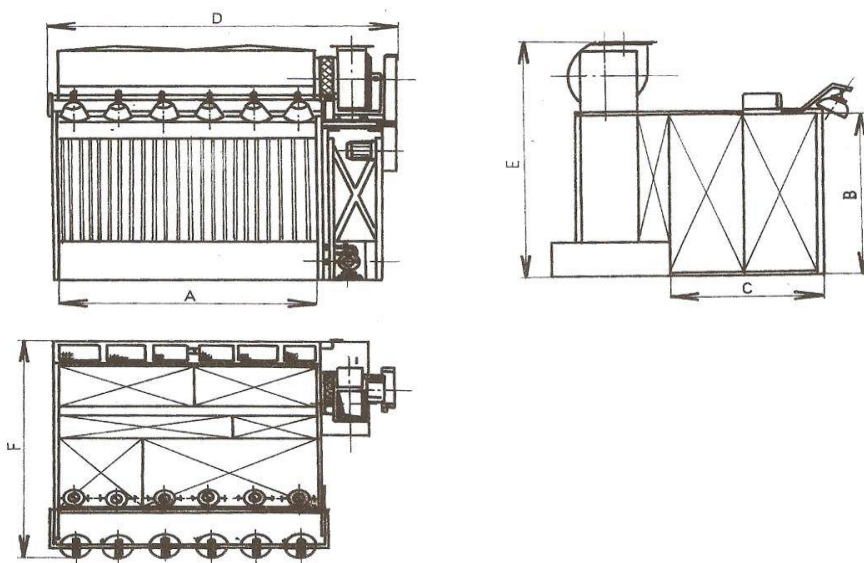
Kabiny dělíme na:

- a. stolové-pro stříkání drobných předmětů. Hlavní částí kabin je pracovní stůl s odsáváním. K odsávání se používá zadní stěna za pracovním stolem. Pod stolem je umístěn ventilátor a ostatní strojní zařízení (obr. 1)



Obr. 1 - Stolová stříkací kabina [4]

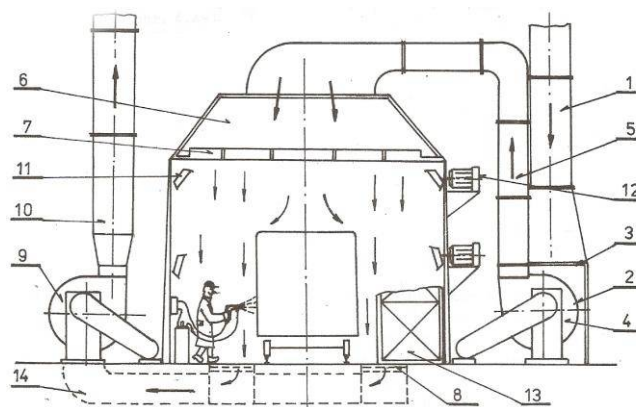
- b. podlahové - v nichž se stříkají předměty větších rozměrů, které se do kabiny zavážejí na vozíku kladkostrojem, podvěsným dopravníkem apod. Odsává se zadní stěnou, proudění vzduchu v kabině je přibližně vodorovné a vzduch se čerpá z okolí



(obr. 2)

Obr. 2 - Podlahová stříkací kabina s mokrou filtrací [4]

- c. tunelové (obr. 3) - se užívají pro průběžnou úpravu rozměrných předmětů. Předměty prochází tunelovou kabinou buď na pomocných podvozcích většinou po kolejkách, nebo po vlastní ose. Převážně jsou taženy podlahovým dopravníkem s taktovým chodem. Vzduch se do kabiny přivádí po filtraci a ohřevu stropními rozvodnými kazetami. Vzduch se odsává podlahovými rošty umístěnými v místech, v nichž se obvykle stříká. Kabiny bývají řešeny jako článkové, takže se dají sestavit v tunel libovolné délky. Vzduchotechnické zařízení těchto kabin bývá umístěováno buď vedle kabiny, nebo na její střeše. Dostatečně intenzivní osvětlení je podmínkou.[4]



Obr. 3 -Tunelová stříkáci kabina [4]



Obr. 4 -Tunelová stříkáci kabina pro práškovou aplikaci nátěru na roury [5]

5 Dopravníkové systémy

Pro manipulaci nejrůznějších materiálů a výrobků se využívá nejrůznějších dopravníkových systémů po dopravních cestách.

Nejpoužívanější systémy pro dopravu pro lakování jsou:

- skluzy
- válečkové dopravníky
- podvěsné dopravníky
- řetězové dopravníky

5.1 Skluzy

Jedná se o nejjednodušší a nejspolehlivější dopravníky, nemají žádný pohon, neboť k pohybu předmětů využívají sklon tratě. Možno dopravovat kapaliny, sypký i kusový materiál. Úhel sklonu tratě je závislý na druhu přepravovaného materiálu. Nelze jimi přepravovat křehké a snadno poškoditelné zboží. Pohyb po tomto dopravníku se řídí známými fyzikálními zákony o pohybu po nakloněné rovině.[6]

Skluzy dělíme na:

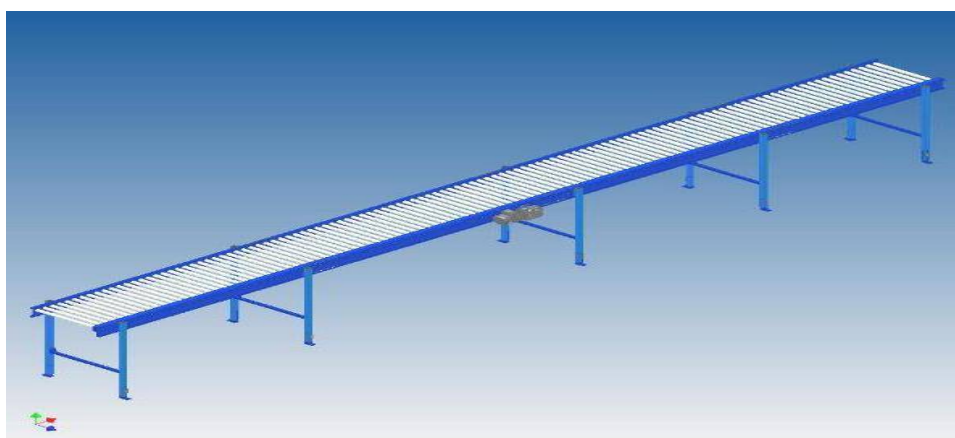
- a. otevřené
- b. uzavřené



Obr. 5 - Využití skluzu v praxi [7]

5.2 Válečkový dopravníkový systém

Tyto dopravníky se používají výhradně pro dopravu kusového materiálu. Předměty pro dopravu na těchto dopravnících musí mít vhodný tvar, aby neuvízly v prostoru mezi válečky. Rozteč mezi válečky se volí tak, aby byl posunující se předmět vždy podepřen alespoň dvěma válečky. Tyto tratě mohou být doplněny o vyhybky, točny [6]. Pohyb dopravovaného materiálu probíhá vlastní hmotností nebo nuceným pohonem válečků (gravitační/poháněné). U pohonů válečků gravitací se volí úhel sklonu tratě od 2 do 5° a rychlost dopravy je 0,3 až 0,4 m/s [8]. Uplatnění válečkových tratí je většinou na výrobních linkách v mnoha výrobních procesech (např. ve válcovnách, nebo při manipulaci s dlouhým dřívím a jiné).[6]



Obr. 6 - Válečková trať [9]

5.3 Podvěsné dopravníkové systémy

Základem dopravníku je vysutá kolejnice, která tvoří podvěsnou dráhu, po níž se pohybují jednotlivé vozíky či závěsy. Na závěsy se zavěšují upravované výrobky. Zajišťují dopravu povrchově upravovaných dílů do po sobě následujících technologických zařízení. Využití najdou především tam, kde se požaduje doprava v různých směrech v rovině i v prostoru bez nutnosti překládat materiál, což bývá často ve vnitropodnikové přepravě.[6]

Závěsy jsou tlačeny, nebo taženy z pravidla řetězem, výjimečně lanem, se kterým jsou spojeny buď trvale, nebo dočasně.[6] Provedení nástavců pro závěsy je buď z horní, nebo spodní strany řetězu [10]. Výhodou podvěsných dopravníků jsou malé nároky na půdorysnou plochu, jednoduchá konstrukce snadná obsluha a spolehlivý provoz. Dopravní dráha může dosáhnout velikosti od desítek metrů, přes stovky metrů až po kilometry.[6]

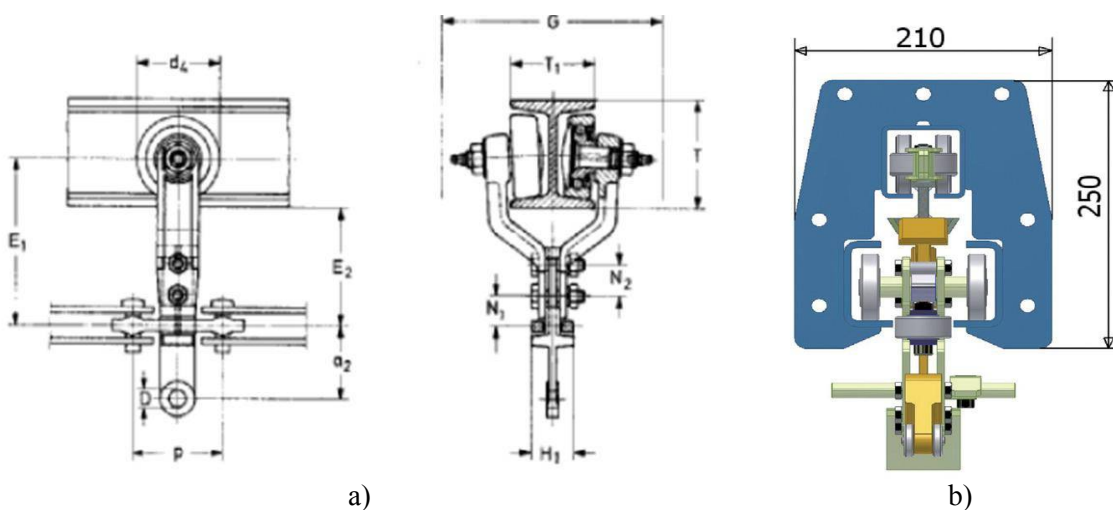
Rychlost pohybu dopravníku můžeme plynule regulovat a z pravidla nepřesahuje 0,3 m/s, takže je možno materiál nakládat i vykládat za jízdy. Pohon dopravních řetězů se

zabezpečuje pomocí pohonných jednotek, které zajišťují rovnoměrný posuv dopravního řetězu. Dopravníky dále mají moderní zařízení pro automatické pulzní mazání řetězu. Nastavení požadovaného předpětí řetězu se zajišťuje pomocí pneumaticky řízené napínací stanice.[10]

Základem výrobních linek může tvořit právě podvěsný dopravník, potom je rychlost pohybu velmi malá, někdy jen několik cm/s.[6]



Obr. 7 - Podvěsný dopravník pro průjezdni pec [11]



Obr.8 - příklady konstrukce podvěsného dopravníku a)jednodráhový[12]
b)dvoudráhový[13]

Dvou-dráhový dopravník se skládá z dvou drah a to horní a dolní. Horní dráha vede hnací řetěz, kdežto po dolní dráze se pohybují vozíky poháněné pomocí unašečů, které jsou součástí hnacího řetězu [14]

5.4 Řetězové dopravníky

Řetězový dopravník je mechanické zařízení s řetězem jakožto tažným a nosným prostředkem v podobě nekonečného řetězu s unašeči vedeného v kluzných profilech a poháněného řetězovým kolem. Provedení řetězů je různé. Pohony těchto dopravníků zabezpečují elektromotory. [15]

Řetězové dopravníky ve dvou tří i více/řetězovém provedení slouží k vodorovnému přesunu palet, nebo i rozměrnějších kusových materiálů. Palety či technologické podložky s dopravovaným břemenem mohou ležet přímo na řetězech nebo na příčkách pevně spojených s unašeči řetězu. [16]

Slouží k technologické, mezioperační dopravě, nebo jako zásobníkové a balící linky. Použití najdou i jako sušící linky neboť snesou vysoké teploty. Parametry jako je délka a počet řetězů, výška dopravníku a rychlost dopravy se stanoví dle použitelnosti dopravníku[17]



Obr. 9 - Řetězový dopravník palet[16]

6 Sušení nátěrových hmot

Při vytváření nátěrového filmu z mokrého nátěru dochází k fyzikálním a chemickým změnám, mezi něž patří odpařování těkavých látek. Hlavní složky těkavého podílu nátěrových hmot jsou rozpouštědla a ředidla. Těkavý podíl rozpouštědel tvoří hlavní složku v nátěrové hmotě v dodaném stavu. K získání vhodné konzistence nátěrové hmoty, pro získání nátěru zvolenou technologií se používá ředidel. Není pravidlem, že složení ředidel bývá většinou stejné jako složení rozpouštědel, spíše naopak. Nanášený materiál má obsah organických rozpouštědel a přidávaných ředidel v rozmezí 40 až 70 %.[4]

Odpařováním organických těkavých podílů z nátěru vznikají exhalace, které se vzduchem vytvářejí hořlavou, výbušnou, nebo hygienicky závadnou směs. [4]

Rozpouštědla a ředidla z nátěrových hmot a nátěrů uvolňují páry:

- při vytváření nátěrů (ve stříkací kabině, v máčecí lázni)
- v zasýchacích tunelech
- v sušárnách

Pro udržení hygienicky nezávadných a požárně bezpečný provozů, je nutno zařízení pracující s organickými nátěrovými hmotami a jejich okolí vzduchotechnicky dimenzovat dle platných norem ČR.

Zasychání nátěrové hmoty je možno rozdělit na fyzikální zasychání a zasychání chemickými pochody.

U fyzikálního zasychání nátěrových hmot se nemění složení filmotvorné látky. Nátěr vzniká odpařením rozpouštědel. "*Patří zde nitrocelulózové, chlorkaučukové, lihové, asfaltové nátěrové hmoty*".[4]

U chemického zasychání nátěrových hmot se v první fázi rozpouštědla a ředidla z nátěru odpařují, čímž houstne nátěrový film. V dalších fázích zasychání dochází k chemickým reakcím závislých na chemickém složení nátěrové hmoty. Nátěrové hmoty vytvořené touto cestou jsou nerozpustné v organických rozpouštědlech. Typ nátěrové hmoty určuje, zda bude probíhat buď oxidace, polymerace, oxipolymerace, polykondensace, polyadice a pod.[4]. Chemické reakce probíhají za různých teplot.

Sušení nátěrových hmot lze rozdělit na:

- - zasychání při normální teplotě okolo 20°C volně na vzduchu
- - přisoušení při teplotě 40-60°C
- - vypalování při teplotě 80-250°C [4]

Tuhnutí nátěrů lze realizovat:

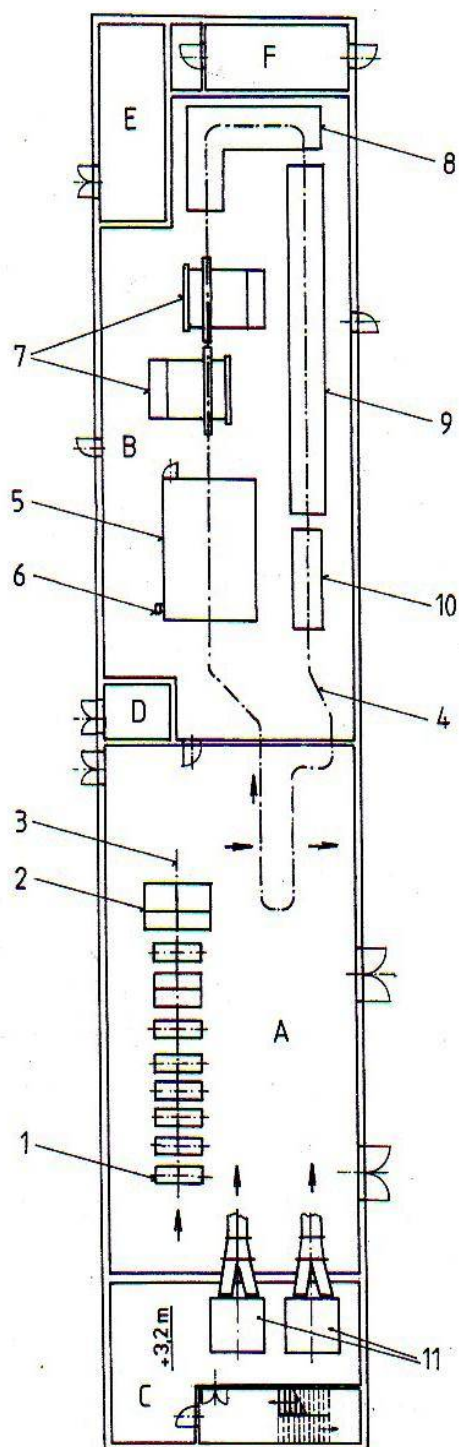
- zasycháním na volném vzduchu
- sušením a vypalování nátěrů ohřátým vzduchem
- vypalováním nátěrů infračerveným zářením
- indukčním vypalování nátěrů
- vytvrzováním nátěrů ultrafialovým zářením
- vytvrzováním nátěrů elektronovými zářiči

6.1 Sušení a vypalování nátěrů ohřátým vzduchem

Vzduch pro sušení je ohřívá topnými tělesy, která jsou ohřívána horkou vodou, parou, elektrickou energií, olejem a pod. Proudění vzduchu v prostorech sušárny je obvykle zabezpečováno pomocí ventilátorů. Nevýhodou je, že s proudícím vzduchem se pohybují i nečistoty, proto musíme dbát na dokonalou čistotu zařízení. Vypalovací pec má být chráněna proti vnikání prachu dobrým utěsněním a nasávaný vzduch je filtrován.

Vypalovací zařízení jsou buď tunelová (průběžná), nebo komorová. U obou zařízení má horký vzduch proudit tak, aby byly výrobky cirkulovaným vzduchem dokonale obklopeny. Unikání vzduchu z tunelové pece je zabráněno vzduchovými clonami

7 Příklad lakovací linky



- A - vanová odmašťovna
- B - lakovna
- C - strojovna vzduchotechniky
- D - příruční sklad nát.hmot
- E - rozvodna
- F - strojovna stab.hasícího zař.

- 1 - vanová linka
- 2 - vanová sušárna
- 3 - dopravník CHARON 1
- 4 - podvěsný dopravník
- 5 - elektrostatická kabina
- 6 - zdroj vysokého napětí
- 7 - ruční dostřikávací kabina
- 8 - vytěkáci tunel
- 9 - infrasušárna
- 10 - chladič tunel
- 11 - klimatizační jednotka

Obr. 10 - Výrobní linka pro povrchovou úpravu obkladových panelů organickými nátěrovými hmotami [4]

8 Experimentální část

8.1 Specifikace nátěrové hmoty z ruské federace

Jedná se o nový nátěrový systém pro mokré lakování dovezený z Ruska. Obchodní název ani přesné chemické složení je neznámé. Známe je, že je to vodou ředitelný nátěrový systém s nízkým obsahem VOC látek (těkavých látek). Nátěrová hmota je složena z aditiv, těkavých složek, filmotvorných složek a plnidel. Kromě toho obsahují fosfátové inhibitory koroze. Složení fosfátů je založeno na bázi sodíku a vysychavých solí s příměsí aminosloučenin. Součástí obsahu nátěrové hmoty je i antikorozní pigment (oxiamino fosfátový komplex vápence a manganu). Antikorozní pigment spolu s inhibitory koroze vytvářejí na kovovém podkladu ochranou tenkou vrstvu řádově o velikosti několika nanometrů. Po nanesení laku na povrch kovového substrátu se inhibitor absorbuje a vzniká vrstva do 50 nm.

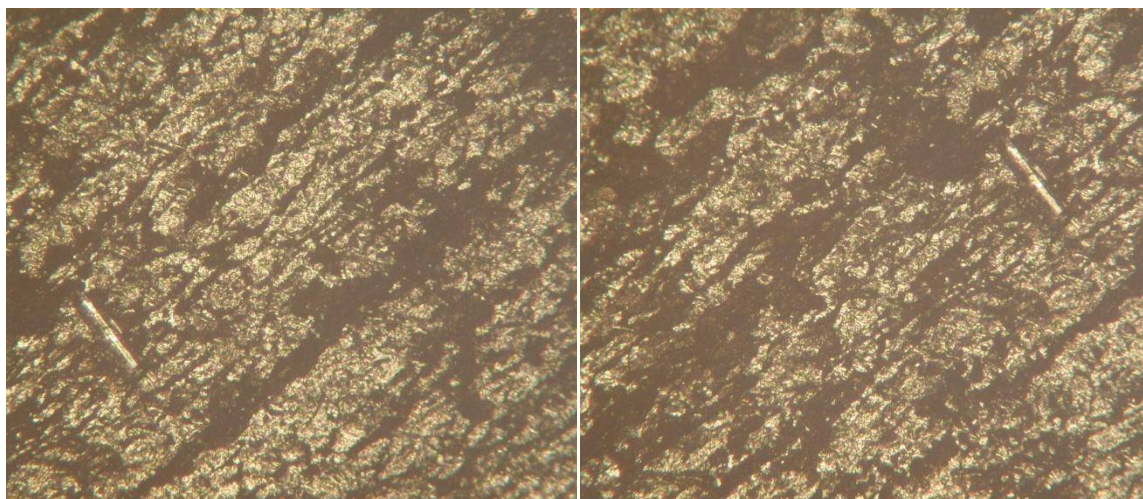
Vhodný poměr ředění vodou pro nanášení nátěrové hmoty je 1:10 až 1:15. Tloušťka nanesené vrstvy se pohybuje od 120 do 150 μm a tloušťka suché vrstvy od 60 do 80 μm . Vhodná aplikace je pneumatickým stříkáním tlakem 0,1- 0,4 MPa. Naměřené Ph je 9,44 což znamená, že nátěrová hmota má zásaditý charakter.

8.2 Podkladový materiál Trubka (Roura)

Jako podkladový materiál pro experimentální práci byly použity ocelové roury Tr ϕ 26,9x2x90 mm; Tr ϕ 20x3x90 mm; Tr ϕ 12,67x3x90 mm pro transport tekutých medií. Jedná se o válcovaný bezešvý materiál dodaný v požadovaných rozměrech firmou ArcelorMittal Ostrava, a.s. celkem pro experimentální práci bylo použito 18 vzorků.

Tab. 1 - Chemické složení:

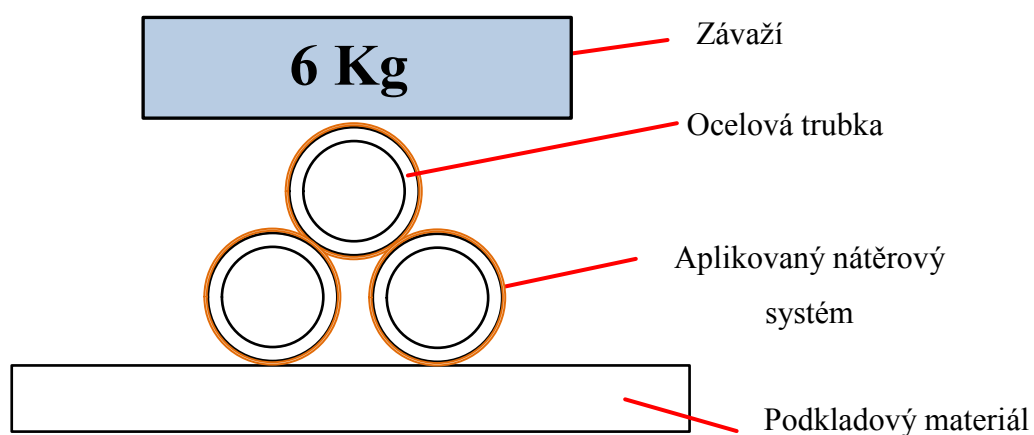
C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Al
0.07 0.10	0.50 0.60	0.17 0.25	0,025	0,020	0,30	0,30	0,30	0.020 0.040



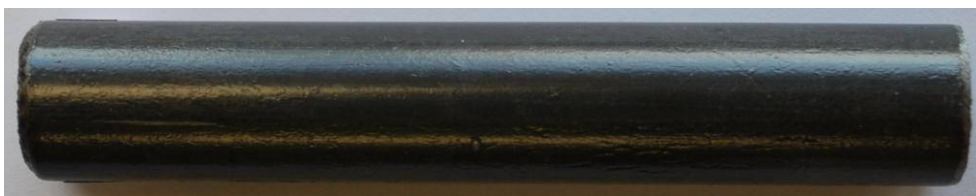
Obr. 11 - Makrogeometrie povrchu vzorku (zvětšení 100x)

8.3 Lepivost nátěrových filmů na sebe

Povrchový film na podkladovém materiálu má za úkol zajistit antikorozi ochranu výrobku po dobu přepravy na místo použití. Při přepravě se počítá se seštosováním rour na sebe z důvodu skladnosti velkého objemu těchto trubek.

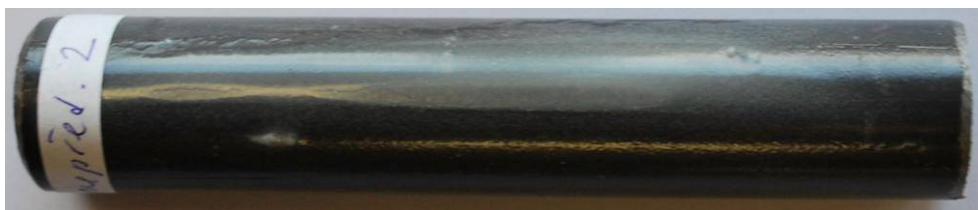


Obr. 12 – Schéma provedené zkoušky přilnavosti



Obr. 13 - Vzorek po zkoušce lepivosti, nanesení nátěru za teploty 20°C

Byl proto proveden experiment lepivosti vytvořeného filmu za dvou různých teplot jeho aplikace. Experiment proběhl tak, že se na tři vzorky aplikoval Ruský nátěrový systém vodou ředitelný s nízkým obsahem VOC látek za pokojové teploty, které byly po vytvrzení k sobě seštosovány a zatíženy 6 kg po dobu 1 hodiny. Po odlehčení bylo zjištěno, že vzniklý film tímto Ruským nátěrovým systémem nelepí (viz obr. 13.). Pokus byl opakován ještě jednou, ale s přehřevem podkladového materiálu na teplotu 40°C. Tentokrát se vzniklý film opět nelepil, akorát vzniklo otláčení v místě doteku součástí (viz. obr. 15).



Obr. 14 - Vzorek po zkoušce lepivosti, nanesení nátěru za teploty 40°C



Obr. 15 – Detail otláčení

Bylo tedy zjištěno, že film chránící kovový podklad zůstává neporušen u obou případů a nenastává lepení a následné odlepování částí ochranné vrstvy kovu. Tím se zjistilo, že oba případy nanesení vyhovují.

Tab. 2 – Doba sušení a vyžrání filmu

Teplota	Vysušení při 70°C [min]	Chladnutí [min]	Celkem [min]
20°C	30	30	60
40°C	20	30	50

Podle tabulky 2 je z hlediska zvýšení produkce výhodnější varianta za teploty 40°C na kterou se zaměřím dále v této práci.

8.4 Měření drsnosti povrchu vzorků dle ČSN EN ISO 4287

Před nanesením nátěru na povrch vzorků bylo provedeno měření drsnosti povrchu. Měření se realizovalo na náhodně vybraných vzorcích a to podélně. Měření se provádělo přístrojem Mitutoyo Surftest – 301 (viz. Obr. 16) dle ČSN EN ISO 4287. Naměřené hodnoty byly zapsány do tabulky 3. Výpočtem byl zjištěn jejich rozptyl.



Obr. 16 Mitutoyo Surftest – 301

Nastavení přístroje Mitutoyo Surftest – 301

- měření probíhalo dle ISO 1997
 - $\lambda_c = 2,5\text{mm}$, $L = 12,5\text{ mm}$
- λ_c ... filtr profilu – definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti
- L ... délka měřeného úseku (dráha hrotu diamantového hrotu)

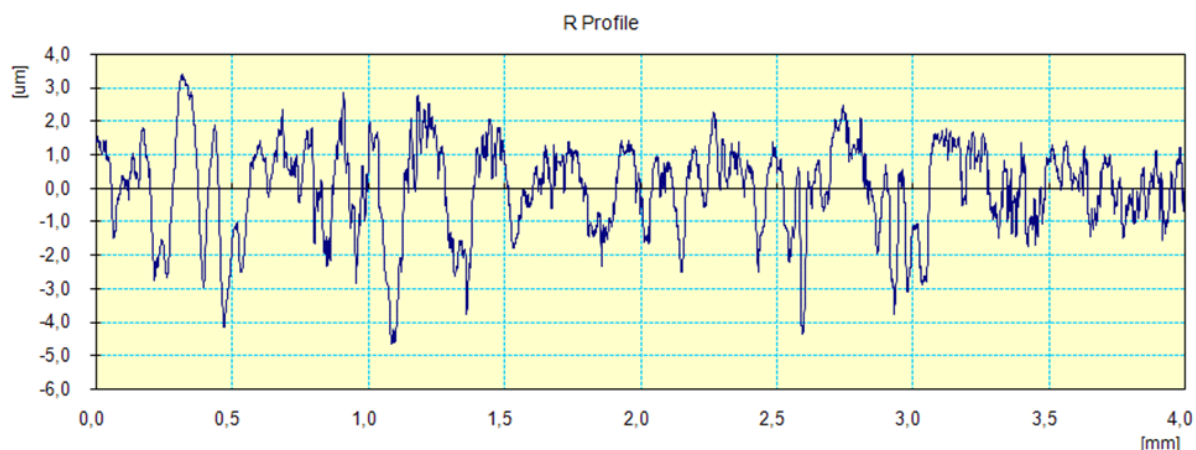
Tab. 3 - Naměřené hodnoty parametrů drsnosti

Směr:	Podélný						
Parametry:	$\lambda_c = 0,8\text{ mm}$, $l = 4\text{ mm}$						
Č. měření	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [-]	Rku [-]
1	1,08	6,02	1,29	2,55	3,45	-0,38	2,50
2	0,96	5,83	1,19	1,86	3,97	-1,10	3,89
3	1,50	8,37	1,85	3,17	5,19	-0,72	2,97
4	1,18	8,87	1,55	3,89	4,93	-0,37	3,39
5	0,92	5,56	1,14	2,28	3,28	-0,54	3,02
6	0,91	5,39	1,13	2,27	3,15	-0,39	2,86
7	0,87	6,01	1,17	2,87	3,17	-0,32	4,57
8	1,30	7,91	1,65	3,03	4,87	-0,51	2,89
9	0,81	6,85	1,05	3,13	3,69	-0,76	5,08
10	0,71	4,56	0,87	2,02	2,52	-0,35	2,81
Průměr	1,02	6,54	1,29	2,71	3,82	0,54	3,40

Výsledné průměrné hodnoty $Ra = 1,02 \pm 0,23\text{ }\mu\text{m}$, $Rz = 6,54 \pm 1,34\text{ }\mu\text{m}$

Byly naměřeny tyto parametry drsnosti:

- Ra - aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic $Z(x)$ v rozsahu základní délky měření [μm],
- Ry - maximální výška profilu [μm], (dle JIS 94),
- Rz - součet výšky nejvyššího výstupku a hloubky nejnižší prohlubně v rozsahu délky měření [μm],
- Rq - průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu [μm],
- Rp - nejvyšší výška výstupku profilu [μm],
- Rv - největší hloubka prohlubně profilu [μm],
- Rsk - šikmost posuzovaného profilu (součinitel asymetrie) [-],
- Rku - špičatost posuzovaného profilu [-],
- λ_c - délka měřeného úseku [mm].



Obr. 17 - Graf drsnosti povrchu trubky Tr $\varnothing 20 \times 3$ mm

8.5 Stanovení tloušťky suchého filmu dle ČSN EN ISO 2808

Po vytvrzení nátěru byla na vzorcích naměřena tloušťka suchého filmu. Suchá vrstva filmu byla naměřena přístrojem Elcometer 345 o měřicím rozsahu 0 – 1500 μm . Tento přístroj funguje na principu elektromagnetické indukce, tj. měření nemagnetických vrstev na feromagnetickém podkladu. Na každém vzorku bylo provedeno vždy 10 samostatných měření a to po celé ploše vzorku.



Obr. 18 - Elcometer 345

Tab. 4 - Tloušťky suché vrstvy na ocelovém podkladu Tr Ø 20 x 3mm

Podkladový materiál	Tr 20 x 3 mm		
Č. měření	Naměřené tloušťky suché vrstvy nátěrového systému [μm]		
	1	2	3
1	72,3	69	73,8
2	71,4	70,9	68
3	70,2	67,4	69,2
4	75,9	70,3	74,7
5	78,6	75,7	70,9
6	71,2	84,8	68
7	70,2	69,7	68,9
8	70,6	76,2	70,5
9	67,2	70,9	70,7
10	71,1	71,2	71,3
Průměr	71,9	72,6	70,6

Korozní zkouška v solné mlze dle ČSN ISO 9227

Vzorky byly vystaveny na stojánek a vloženy do korozní komory. Typ korozní komory Vötsch Industrietechnik. Vzorky byly umístěny tak, aby si navzájem nezacláněly a nedotýkaly se. V korozní komoře setrvaly po dobu 24 hod., po vytažení z komory byly vzorky opláchnuty vodou a po dobu 24 hodin sušeny při okolní teplotě $T = 20\text{ °C}$ a vlhkosti 52%. Koncentrace chloridu sodného v roztoku se pohybovala v rozmezí $50\text{ g/l} \pm 5\text{ g/l}$ při teplotě 25 °C . Ph roztoku chloridu sodného bylo v rozmezí 6,0 až 7,0.



Obr. 19 - Korozní zkouška v solné komoře po 24 hodinách

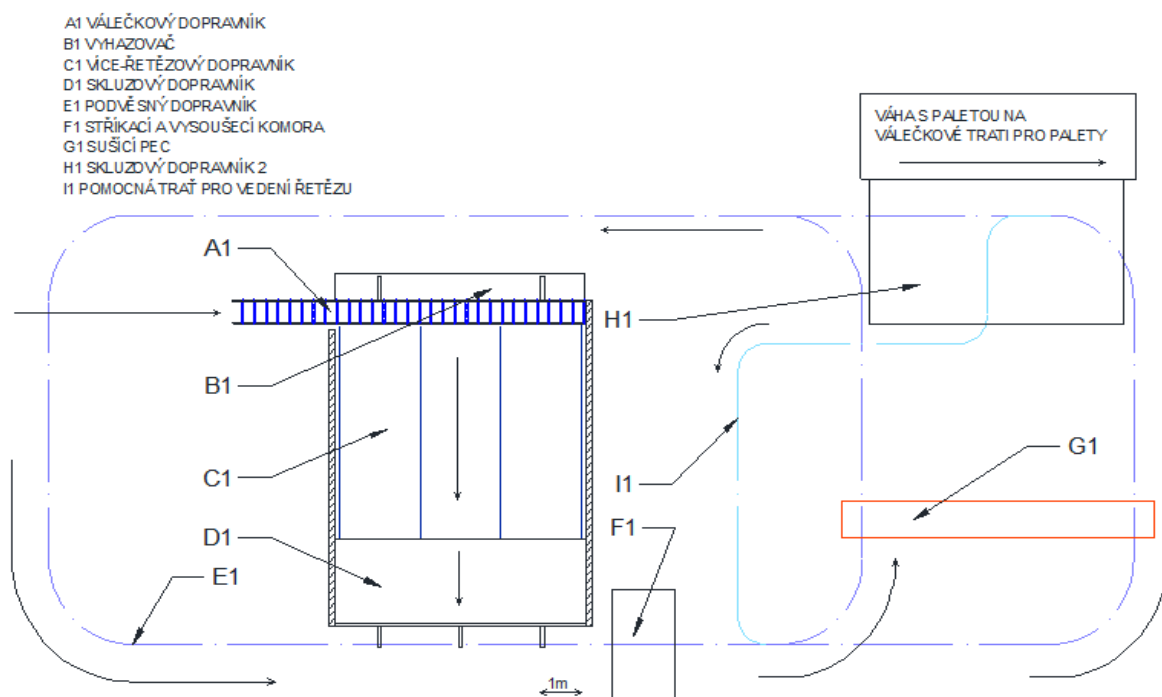
Provozní podmínky korozní komory:

- tlak vzduchu 0,3 – 0,4 MPa
- tlak vody 0,25 – 0,3 MPa (max. 0,4 MPa)
- průtok 0,45 l/hod
- teplota v komoře 35 °C
- teplota navlhčovače 55 °C

8.6 Návrhy lakovacích linek

Lakovací linka je určena pro trubky a roury $\phi 12,7 \times 3$; $\phi 20 \times 3$; $\phi 26,9 \times 2$ délky 6000 mm. Tato linka má přímo navazovat na předchozí výrobu. Smyslem této práce není vytvořit 100% linku do posledních detailů, neboli návrh každého zařízení co se vyskytuje v této práci nemusí být běžně v prodeji, tudíž by se jednalo o výrobky na zakázku vytvořit kompletní dokumentaci těchto zařízení. Proto jsou některá zařízení popsána obecně pouze s nejdůležitějšími parametry.

8.6.1 Variantní řešení A



Obr. 20 - Návrh (náčrt) variantního řešení A

Válečková trať (A1) s pneumatickým vyhazovačem (B1)

Jedná se o válečkovou trať, která vede z válcovny trubek a rour rychlostí přibližně 1m/min. Na konci dopravníku je postavena zarážka, která slouží k zastavení předmětů u dalšího dopravníku. Pro snadný přechod mezi dopravníky by rám válečkového dopravníku nesmí v místě přechodu materiálu převyšovat válečky. V ostatních místech by měl být rám vyšší jak rovina válečků, aby se zabránilo sjíždění materiálu z dopravníku. Materiál válečků musí být zvolen s ohledem na otlak, otěr, a jiné přepravovaného materiálu. Trať má normálově na pohyb dopravníku zabudovaný vyhazovač. Vyhazovač přehazuje přepravovaný materiál z válečkové trati na čtyř-řetězovou trať pneumatickými rameny. Na konci uvažované dráhy má být čidlo detekce pohybu materiálu, které spustí vyhazovač.

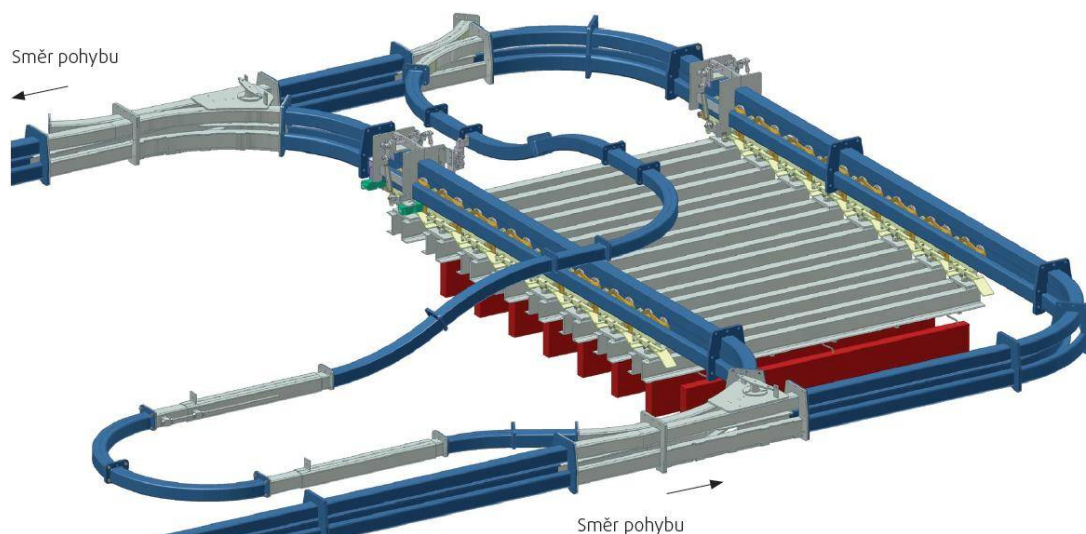
Čtyř-řetězový dopravník s ventilátory (C1)

Funkce tohoto dopravníku je pro vychlazení upravovaného materiálu z válcovny na teplotu přibližně okolo 40°C. Rozteč mezi řetězy volím 1933 mm. Jelikož se bude jednat o dopravník na zakázku zhotovený ostatní parametry nechám na výrobci, jen je podmínkou aby dopravník přepravoval roury do vzdálenosti 5 m a výškově byl těsně pod úrovní předcházejícího dopravníku. Rádusy na koncích dopravníku by měli být zakryty plechem.

Pohon dopravníku bud zajišťovat elektromotor. Rychlost dopravníku je odvozena od dráhy, kterou musí materiál urazit s dobou, při které materiál chladne na teplotu 40 °C. Tedy 0,014 m/min což vyhovuje i dostatečné rozteči mezi jednotlivými kusy výroby, aby se nedotýkaly sebe navzájem.

Skluzový zásobník s pneumatickým podavačem a zadržovačem (D1) Funkcí tohoto zásobníku je zadržovat materiál vyjetý z řetězového dopravníku do doby příznivého najetí podvěsného dopravníku a je podmínkou aby podavač podával upravovaný materiál mezi kolíky upínacího zařízení podvěsného dopravníku a po upnutí se včas zasunul do výchozí polohy pro podání. Pravděpodobně v intervalu po 7 min s prodlevou 20 sekund. Pneumatický podavač bude tvořen dvěma nebo více vysouvacími rameny s prizmatickými drážkami pro držení kulatiny. Ramena podavače musí být seřizena tak aby podávala upravovaný materiál do přesně do roviny trajektorie podvěsné tratě. Podavač bude umístěn pod skluzovou dráhou.

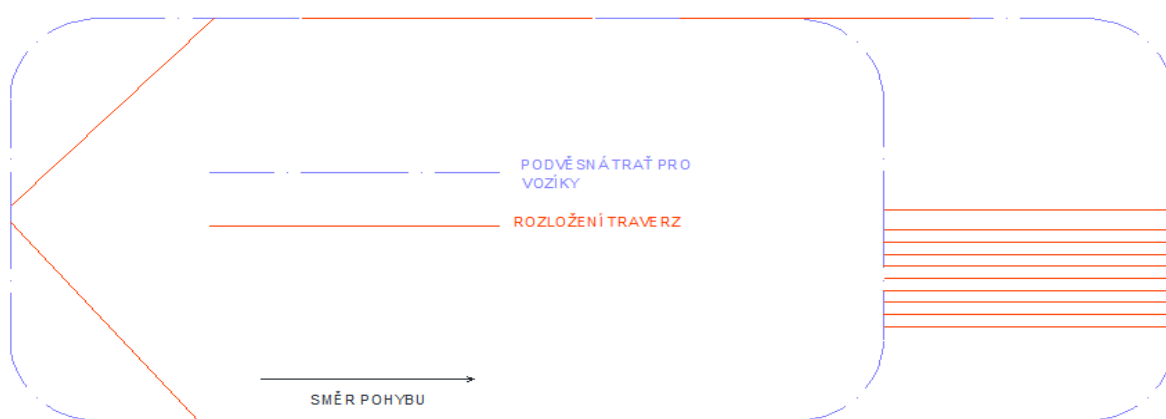
Lakovací linka varianty A je založena převážně na stavebnicovém **dvoutrátovém podvěsném dopravníku (E1)** PF80, firmy CONVEYTOR TEKNIK A/S. Kde horní dráha slouží k vedení řetězu a dolní k vedení vozíků. Výhodou tohoto dopravníku je především plynulost dopravy a možnost za pomoci vyhybek dělit podvěsnou trať na více drah, čímž nám mohou vzniknout vyrovnávací zóny pod různými úhly (např. 45°/60°/90°). U této linky jsem zvolil úhel 90° jak je vidět na obr. 21. Vyrovnávací a shromažďovací zóna bude sloužit pro sušící pec a následnou vytvrzovací zónu pro nátěrový systém. Shromažďování vozíků obstarává pneumatický řadič, který mechanicky uvolňuje vozíky z unášeců tažného řetězu. Minimální rozteč mezi vozíky musí být 300 mm. Poloměry vyráběných horizontálních oblouků je 700;1000;1500;2000. Poloměr vertikálního oblouku 2000 mm.



Obr. 21 - Ukázka vyrovnávací a shromažďovací zóny[13]

Garantovaná maximální provozní teplota podvěsného dopravníku výrobcem je 250°C, což je pro celý proces aplikace a vytvrzení nátěrového systému, kdy nejvyšší uvažovaná teplota bude okolo 80°C, dostačující. Mazání je automatické s vysokotlakým olejem.

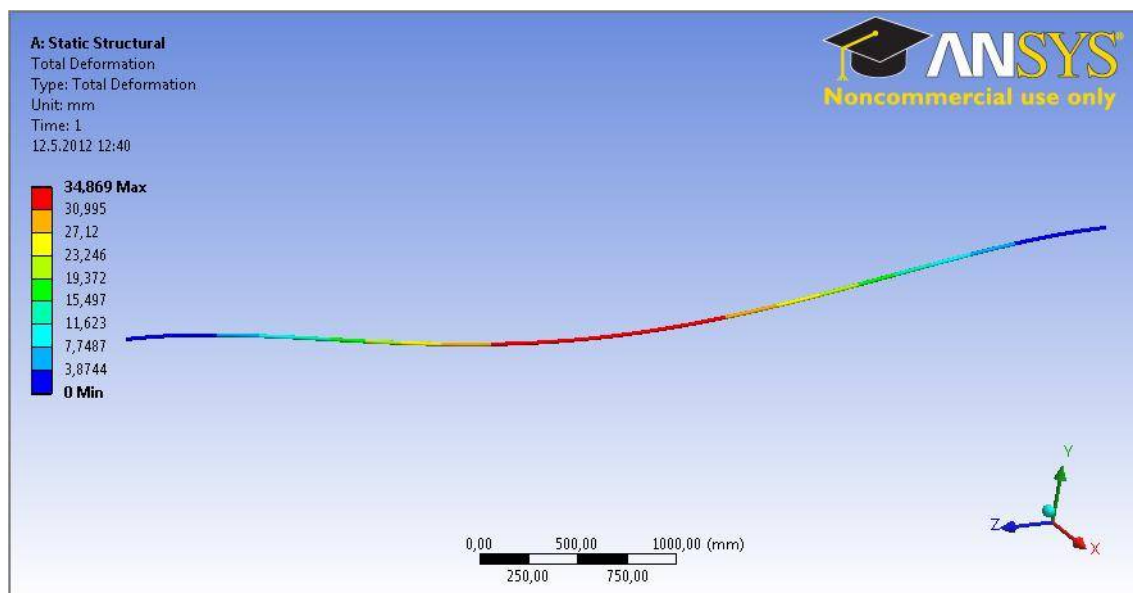
Velikost dráhy podvěsné tratě pro vozíky je odvozena od délky přepravovaných materiálu pro 6000mm volím 6500mm s ohledem na upínací zařízení, minimální rozteč mezi traverzi je 1,64 m. Abychom jsme zabránili kolizi vozíků v zatáčkách, rozteč mezi vozíky volím 1,95 m. Tato dráha neumožňuje měnit směr pod ostrými úkoly, proto volím rádiusy 2000 mm. Na jednochodu dráhu s ohledem na vyvýšené přechody nad překážkami v podobě válečkové tratě vedoucí z válcovny, se vejde 6 dvojic vozíků, mezi nimiž je spojovací traverza. Do vyrovnávací a shromažďovací zóny 6 m dlouhé, se vejde s roztečí 300 mm 20 dvojic vozíků. Jelikož nám stačí pro sušení a vytvrzení pouze 9 dvojic vozíků. Celkem je proto třeba 16 dvojic vozíků.



Obr 22 - schéma rozložení vozíků na podvěsné trati

Upínací zařízení podvěsného dopravníku Bude se jednat o mechanické zařízení připevněné na traverze mezi vozíky, které bude upínat trubku mezi dva kolíky pohybující se do vnitřní dutiny trubky. Pohon může být pneumatický (upnutí pravděpodobně tlakem, odepnutí podtlakem), nebo elektricky. Návrh tohoto zařízení není předmětem této Bakalářské práce, a tudíž zde není blíže specifikováno.

Výpočet průhybu trubek proveden v programu ANSYS počítáno jako pro nosník vetknuty z obou stran a zatížený vlastní vahou materiál volen jako konstrukční ocel. Za teploty 40°C



Obr. 23 - ukázka výpočtu průhybu v programu ANSYS pro trubku $\phi 20 \times 3$

výpočet hmotnosti v tabulce 5 je spočítán ze vzorce $m = V \cdot \rho$ Kde $\rho = 7850 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-3}$

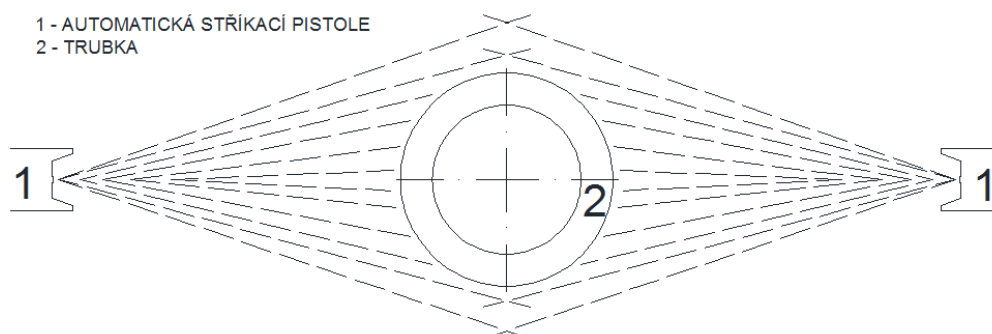
Tab. 5 -Maximální průhyby a váhy trubek

DRUH TRUBKY	MAX. PRŮHYB [mm]	Váha [kg]
$\phi 12,7 \times 3$	100,79	4,31
$\phi 20 \times 3$	34,87	7,55
$\phi 26,9 \times 2$	16,66	7,73

Stříkací a vysoušecí komora. Stříkání trubek bude probíhat tak že dvě automatické stříkací pistole budou umístěny naproti sobě a mezi nimi se bude na podvěsném dopravníku pohybovat podkladový materiál rychlostí 1 m/min. Proto musí být stříkací a vysoušecí komora uzpůsobena pro podvěsnou trať. Stříkání bude probíhat tlakem 0,1-0,4 MPa a nanesená vrstva bude mít tloušťku 120-150 μm . Jelikož stříkací kabina bude tvořena dvěma automatickými stříkacími pistolemi (obr. 24 a 25) volím délku impregnačního stanoviště 0,5 m. Dále, abychom zajistily soudržnost nátěrové vrstvy tak 0,5m za impregnačním stanovištěm bude umístěna tepelná clona s předehřátým vzduchem na teplotu 80°C což nám bude sloužit jako předběžné vysoušení. Celkem tedy délka tohoto zařízení bude 1,5 m.



Obr. 24 - Ukázka automatické stříkací pistole



Obr. 25 - schéma stříkání

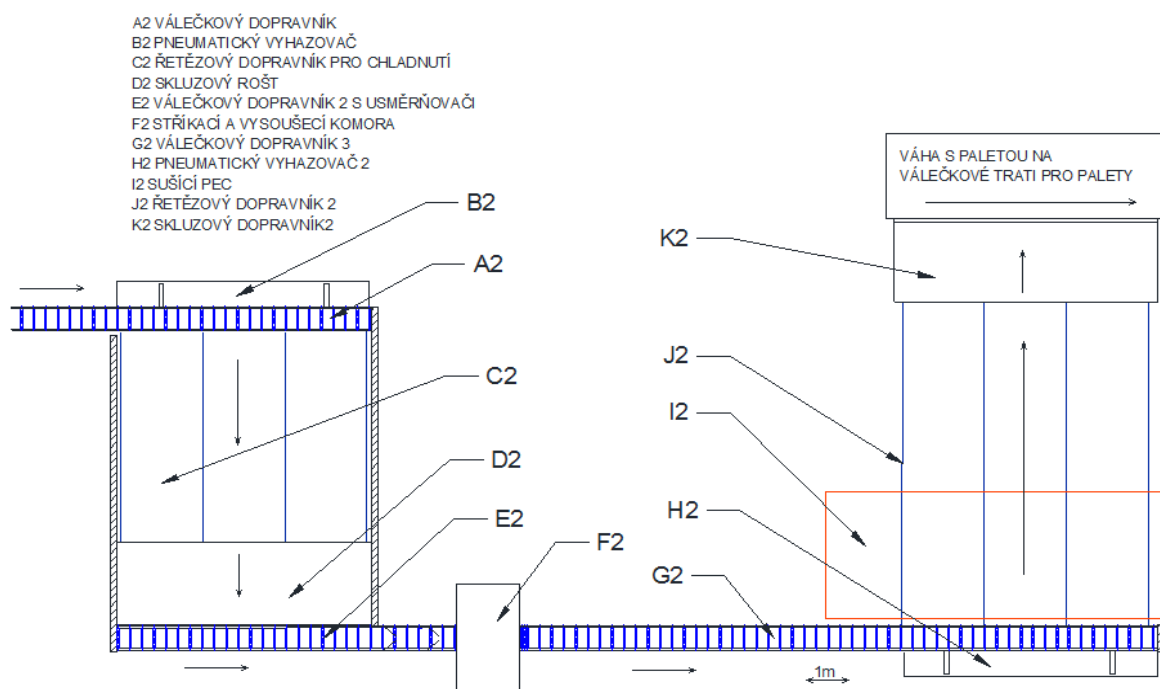
Sušící komora. Musí být uzpůsobena pro průchod více-chodé podvěsné tratě. Její provozní šířka musí být větší, jak 6,5 m volím 7 m. Jelikož pohyb v peci bude skokový, pohne se o 0,3 m za 7 min, délka musí být 0,85 m. Sušení bude probíhat předeřtým vzduchem na teplotu 70°C, proto bude pec horkovzdušná. Abychom zabránily únikům tepla do okolí tak na vstupní a výstupní části pece bude tepelná clona.

Tab. 6 - Sled operací varianty A a jejích časů

Druh operace	Jednotkové časy t_A [min]
Doprava po řetězové trati+ po skluzové trati (chladnutí materiálu na 40°C)	20
Upnutí + doprava na podvěsné trati k lakování	0,75
Lakování	6
Doprava k řadiči+ do sušící pece skově	6,09+8,45
Sušení v peci	25,35
Vytvrzení na vzduchu	30
Doprava k svazkování	2+0,4
Celkem	99,04

Navržená linka pro variantní řešení A je schopna produkovat jeden kus trubky s naneseným a vytvrzeným nátěrovým systémem za 8,45 minut. Odhadované rozměry linky 28 m délka a 13 m šířka viz obr. 20

8.6.2 Variantní řešení B



Obr. 26 - Návrh (náčrt) variantního řešení B

Je založena převážně na poháněných válečkových dopravnících. Pro plynulost dopravy jsou rychlosti těchto dopravníků stejné a to $1\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$. Dále jsou zde použity více-řetězové dopravníky a skluzové dopravníky. Níže je uvedeno, jak jdou po sobě. Šířka pohyblivé části dopravníku bude okolo 0,5 m z důvodu možnosti rozšíření výrobků do $\phi 140$ mm. Mezera mezi polotovary je 1 m.

První válečková trať (A2) dopravuje polotovary z válcovny. Úroveň výšky je nejvyšší jak ostatní dva. Podmínkou je aby rám tohoto dopravníku v místě napojení na další dopravník nepřesahoval válečky. U konce válečkové trati je pneumatický vyhazovač (B2), který je umístěn normálově na trajektorii této dráhy. Vyhazovač slouží k přehození trub na jiný dopravník. Spuštění vyhazovače by měl spustit detektor pohybu. Předpoklad je, že vyhazovač přehodí 1 kus polotovaru za 7 minut

První více-řetězový dopravník (C2) podobně jako na obr. 16. Jeho účel je dopravit materiál k dalšímu dopravníku a mezitím ochladit materiál vyjetý z válcovny na teplotu okolo 40°C. Dráha tohoto dopravníku bude 5m rychlostí přibližně 0,26 m·min⁻¹ po dobu přibližně 19 min.

Sklužový rošt se závorou (D2). Slouží k zachycování polotovarů v případě poruchy linky nebo při špatně seřazené výrobě z hlediska času. Polotovar v roštu musí mít vůli, aby se mohl polotovar odvalovat, ale ne zas tak velkou aby se polotovar nemohl zpřičit. V případě správného seřízení linky a za plynulého provozu se závora nemusí vůbec spustit dolů. Pohyb závory obstará pneumatika. Důležité je aby navazoval na předchozí řetězový dopravník nejlépe u jeho rádiusu. Také musí navazovat na následující válečkový dopravník do roviny horní částí válečků.

Druhá válečková trať (E2) slouží k dopravě polotovaru k tunelové stříkací a vysoušecí komoře. K správnému navedení trubky do míst stříkání jsou zde dva páry přílozek v podobě plechů, kde tvoří klínovité centrování pro tunelovou stříkací komoru. Délka tratě je 8 m.

Tunelová stříkací a vysoušecí komora (F2) by měla být konstruována podobně jako na obr. 4 (schéma lakování na obr. 25) jen s tím rozdílem že se zde jedná o mokré lakování a ne práškové. Dále po stříkání musí dojít k zpevnění soudržnosti čerstvě vzniklého povlaku, proto se za stříkací komorou umísťuje horkovzdušné vysoušení teplotou 70°C. Poněvadž polotovar vstupuje do těchto zařízení bez dopravníku (vlastním přepadem) nesmí být celé toto zařízení delší jak 1,5 m, aby se polotovar moc neprohýbal. Rychlost podávání polotovaru je 1m·min⁻¹. Tloušťka nanesené vrstvy se pohybuje v rozmezí 120-150 μm. U tohoto zařízení je největší nebezpečí vzniku požáru proto musí mít protipožární zabezpečení.

Třetí válečková trať (G2) s pneumatickým vyhazovačem (H2) musí zachycovat trubku po aplikaci nátěrového systému. Ideální povrchová úprava válečků dopravníku musí být nepřilnavá, aby nestrhávala vytvořený film z povrchu trubky např. nerezový materiál. Délka dopravníku je 15 m.

Druhý-více řetězový dopravník (J2) bude procházet sušící pecí což je ideální, jelikož tento dopravník snese vysoké teploty. Rovná délka dopravníku bude mít 7,65m.

Sušící pec (I2) bude se jednat o horkovzdušnou vyhřívací pec. Teplota přehřátého vzduchu činí 70°C. Vnitřní rozměry pece: šířka 6,5 m, délka 3 m, výška počítá se, že ve spodní části bude procházet řetězový dopravník plus výška přes 150 mm.

Druhý skluzový rošt pro svazkování (K2). Musí plynule navazovat na předchozí dopravník. Parametry budou téměř identické jako u prvního skluzového roštu.

Tab. 7 - Sled operací varianty B a jejích časů

Operace	Čas [min]
Chladnutí na 40°C (doprava po řetězovém a skluzovém dopravníku)	20
Doprava k stříkání	1
Stříkání	6
Doprava k dopravníku pro sušící pec	10,6
Doprava do sušící pece	1,2
Sušení	20
Vytvrzování	30
Doprava ke svazkování	0,4
Celkem	89,2

Navržená linka pro variantní řešení B je schopna produkovat jeden kus trubky s naneseným a vytvrzeným nátěrovým systémem za 7 minut. Odhadované rozměry linky 26 m délka a 13 m šířka viz obr. 26

8.7 Návrh pro svazkování

Navrhují, aby na konci obou výrobních linek byli válečkové dráhy s paletou, ve které se bude hromadit materiál do dosažení 2,5 tuny. Po dosažení 2,5 tuny by paleta s výrobky projela do automatickou páskovačkou, kde by se materiál připevnil k paletě.

8.8 Kapacitní výpočty

Roční časový efektivní fond pracoviště

Efektivní časový fond dělníka

Vycházíme z počtu kalendářních dnů v roce, od kterého odečítáme dny pracovního volna. Jsou to především soboty a neděle, placené svátky a dovolená, ale také obecné překážky v práci a dny pracovní neschopnosti.

Pak časový fond dělníka Ede za rok:

$$E_{de} = D_r - A - B - C - G \left[\text{dnů} / \text{rok} \right] \quad [19]$$

D_rpočet dnů v roce

A dny sobot a nedělí

Bdny placených svátků

Cdny dovolené

G obecné překážky a dny pracovní neschopnosti

Počítáme z nepřetržitým pracovním provozem, tudíž se dny sobot, nedělí a placených svátků nepočítají do Ede.

$$E_{de} = D_r - A - B - C - G \quad [19]$$

$$E_{de} = 365 - 0 - 0 - 20 - 10$$

$$E_{de} = 335 \text{ dnů/rok}$$

Využitelná kapacita pracoviště

Při kapacitních výpočtech nás většinou zajímá, s kolika provozními hodinami můžeme počítat za rok u strojního zařízení. Je to čas pracoviště, využitelný pro výrobu a obdržíme jej takto:

$$E_{se} = E_{de} \cdot h \cdot s \cdot g \cdot \left(1 + \frac{z}{100} \right) \left[\text{hod} / \text{rok} \right] \quad [19]$$

E_{se}efektivní kapacita pracoviště za rok

h přijatý počet pracovních hodin za směnu

ssměnnost pracoviště

g počet vzájemně zaměnitelných pracovišť

z % nevyhnutelných časových ztrát. Jejich velikost se pohybuje ve strojírenství 5 - 10%.

$$E_{se} = E_{de} \cdot h \cdot s \cdot g \cdot \left(1 + \frac{z}{100}\right) \quad [19]$$

$$E_{se} = 335 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{5}{100}\right)$$

$$E_{se} = 8442 \text{ hod/rok}$$

Pracnost operace

Pracnost operace v hodinách na určitém pracovišti stanovíme z hodnot udaných v technologickém postupu, tedy z normohodin takto:

$$t_i = \frac{t_{Ai}}{60} + \frac{t_{Bi}}{60 \cdot d_v} \quad [\text{hod}] \quad [19]$$

t_i pracnost operace [normohod]

t_{Ai} čas jednotkové práce na i-tém pracovišti [min]

t_{Bi} čas dávkové práce na i-tém pracovišti [min]

d_v velikost výrobní dávky [ks]

určení t_{Ai} z tabulek 6 a 7

určení t_{Bi} je určen odhadem na 120 min

varianta řešení A

$$t_i = \frac{t_{Ai}}{60} + \frac{t_{Bi}}{60 \cdot d_v} \quad [19]$$

$$t_i = \frac{99,04}{60} + \frac{120}{60 \cdot 1000}$$

$$t_i = 1,65 \text{ hod}$$

varianta řešení B

$$t_i = \frac{t_{Ai}}{60} + \frac{t_{Bi}}{60 \cdot d_v} \quad [19]$$

$$t_i = \frac{89,2}{60} + \frac{120}{60 \cdot 1000}$$

$t_i=1,49$ hod

Počet výrobních strojů [19]

$$P_V = \frac{Q_k \cdot t_i}{E_{se} \cdot s} [\text{ks}]$$

Q_k počet kusů výrobků

t_i pracnost operace

E_{se} efektivní kapacita pracoviště

s směnnost pracoviště

variantní řešení A

$$P_V = \frac{Q_k \cdot t_i}{E_{se} \cdot s} [19]$$

$$P_v = \frac{1000 \cdot 1,65}{8442 \cdot 2}$$

$P_v=0,097$ ks

výrobní stroj nám stačí na výrobní dávku a dokáže takových to dávek za rok udělat
 $1/0,097=10,3$ kusů výrobních dávek

variantní řešení B

$$P_V = \frac{Q_k \cdot t_i}{E_{se} \cdot s} [19]$$

$$P_v = \frac{1000 \cdot 1,49}{8442 \cdot 2}$$

$P_v=0,088$ ks

výrobní stroj nám stačí na výrobní dávku a dokáže takových to dávek za rok udělat
 $1/0,088=11,3$ kusů výrobních dávek

8.9 Spotřeba nátěrové hmoty

Přibližný výpočet spotřeby nátěrové hmoty na výrobní dávku u pneumatického stříkání. Ztráty hmoty u pneumatického stříkání odhaduji přibližně na 60%, tudíž se na výrobky zachytí asi jen 40% nátěrové hmoty, které spočítáme z pláště válcové části výrobku a pro násobíme tloušťkou nanesené nátěrové vrstvy.

$$V = \pi \cdot d \cdot h \cdot t$$

d..... průměr pláště

h..... délka válcové části je 6000 mm

t..... tloušťka vrstvy 120-150 μm , pro výpočet volím 150 μm .

Výpočet spotřeby nátěrové hmoty v průběhu aplikace na povrch hutního materiálu je proveden v tabulce 7. 40% - znamená čistý nástřik mokrého filmu beze ztrát nátěrové hmoty, 100% pak znamená potřebné množství nátěrové hmoty pro nástřik.

Tab. 8 - Spotřeba nátěrové hmoty

Druh trubky	Spotřeba na 1 ks ve 40%	Spotřeba na 1 ks ve 100%	Spotřeba na 1000 ks ve 100%
$\phi 12,7 \times 3$	$3,59 \cdot 10^{-2}$ litrů	$8,975 \cdot 10^{-2}$ litrů	89,75 litrů
$\phi 20 \times 3$	$5,65 \cdot 10^{-2}$ litrů	$14,125 \cdot 10^{-2}$ litrů	141,25 litrů
$\phi 26,9 \times 2$	$7,606 \cdot 10^{-2}$ litrů	$1,9 \cdot 10^{-1}$ litrů	190 litrů

9 Ekonomické zhodnocení

Ekonomické zhodnocení je provedeno na základě hrubého odhadu dostupných cenových relací. Jednotlivé položky hrubých odhadů jsou zaokrouhleny na celé tisíce z důvodu přehlednosti.

Tab. 9 - Ekonomický odhad variantního řešení A

Zařízení	Cena [Kč]
válečková trať z válcovny + pneumatický vyhazovač	250 000
více řetězový dopravník s přídavnými ventilátory	250 000
skluzový zásobník s pneumatickým podavačem	100 000
podvěsná trať s 16-ti páry vozíků	6 000 000
upínací zařízení trub na podvěsné trati 16x	30 000
lakovací a vysoušecí komora	175 000
sušící pec	150 000
skluzový dopravník pro svazkování	50 000
energetické a pneumatické rozvody	220 000
Celkem	7 225 000

Tab. 10 - Ekonomický odhad variantního řešení B

Zařízení	Cena [Kč]
válečková trať z válcovny + pneumatický vyhazovač	250 000
více řetězový dopravník s přídavnými ventilátory 5 m dlouhý	250 000
Skluzový zásobník s pneumatickou závorou	100 000
Válečková trať 8 m dlouhá s usměrňovači	60 000
lakovací a vysoušecí komora	150 000
Válečková trať 15 m dlouhá+ pneumatický vyhazovač	270 000
sušící pec	200 000
Více-řetězový dopravník 7,65 m dlouhý	260 000
Skluzový dopravník 2 m se závorou	100 000
energetické a pneumatické rozvody	190 000
Celkem	1 830 000

10 Závěr

Bakalářská práce se zabývá aplikací transparentního povlaku na roury včetně návrhu dvou variantních řešení lakovacího pracoviště.

Teoretická část se zabývá technologickými vlastnostmi současných organických nátěrových hmot a jejich složení. Je zde proveden nástin v oblasti pigmentových nanočástic z důvodu stále většího využití v provozních podmínkách a jejich aplikací do filmotvorné složky nátěrového systému. Dále pak aplikací nátěrových systémů na roury a procesem vytvrzování a vysoušení. V závěru teoretické části je rozebrána současná problematika vybavenosti lakovacích provozů s příklady dopravníkových systémů.

V experimentální části práce jsem se zabýval charakteristikou podkladového materiálu. Stanovil jsem integritu povrchu, která činila $R_a = 1,02 \pm 0,23 \text{ } \mu\text{m}$ a $R_z = 6,54 \pm 1,34 \text{ } \mu\text{m}$. Povrch trubky vykazoval stopy okují vzniklých v procesu výroby a lehce zaprášený povrch. Tento fakt by mohl vést ke snížení přilnavosti nátěrové hmoty a její zhoršené otěruschopnosti. Dále je zde vyobrazena makrogeometrie povrchu. Předložený vodou ředitelný nátěrový systém s nízkým obsahem VOC látek byl podroben experimentálnímu zkoušení. Nátěrový systém nevykazoval žádnou lepivost po procesu vytvrzování, což je jedním z kritérií důležitých pro návaznost výroby na expedici materiálu. Úkolem nátěrového systému jsou taktéž antikorozi vlastnosti. V tomto případě by měly odolávat koroznímu prostředí typu C5 po dobu 4 měsíců. Zkouška v korozní komoře tento fakt ověřila.

Hlavní část práce je zaměřena na návrh dvou variantních řešení lakovacích linek. Od návrhu dopravníků přes návrhy lakovací linky až po návrh sušení a svazkování.

Variantní řešení A je založeno převážně na stavebnicovém dvoutráťovém podvěsném dopravníku PF80, firmy CONVEYTOR TEKNIK A/S. Kde horní dráha slouží k vedení řetězu a dolní k vedení vozíků. Výhoda tohoto variantního řešení je plynulost dopravy zavěšených trubek. Nemalou výhodou pak je, že upravovaná plocha není vůbec v kontaktu s jinými předměty, tudíž nehrozí poškození vytvářeného filmu. Nevýhodou pak je, že tato linka není schopna produkovat výrobky rychleji jak 1 kus za 8,45 min. Tudíž se předchozí operace musí přizpůsobit tomuto tempu linky, aby nedocházelo k hromadění polotovarů ve výrobní lince. Poslední nevýhodou je vyšší předpokládaná pořizovací cena.

Variantní řešení B je převážně založeno na válečkových a více-řetězových dopravnících. Výhodnost linky spočívá v návaznosti na předchozí výrobu a rychlosti

pohybu hutního materiálu v průběhu aplikace nátěrové hmoty linkou a její vytvrzování. Nevýhodou, ale je kontakt nanesené vrstvy s válečkovým dopravníkem, tudíž může vzniknout poškození vytvářeného filmu ještě v průběhu výroby. Dále je zde proveden kapacitní propočet výrobních strojů. Pro celkově tři průměry trubek je proveden výpočet odhadu spotřeby nátěrové hmoty při aplikaci. Spotřeba nátěrové hmoty pro největší průměr trubek je 190 litrů na 1000 šestimetrových kusů. Porovnáním obou variantních řešení A a B z ekonomického hlediska lze vypočítat pracnost a nákladnost obou variant. Variantní řešení A je poněkud nákladnější a to o téměř 5 miliónů korun, což ve výsledku je poměrně důležitý argument. Avšak pokud by se jednalo o rozsáhlou firmu, lze doporučit variantní řešení A. U tohoto návrhu se vyvarujeme poškození naneseného nátěrové filmu v procesu výroby.

Poděkování

Při řešení mé bakalářské práce jsem spolupracoval s vedoucím pedagogem doc. Ing. Jitkou Podjuklovou, CSc. a konzultantem Ing. Petrem Šrubařem. Chtěl bych jím tímto poděkovat za pomoc při obsluze měřících zařízení, za cenné rady a připomínky.

V Ostravě 21. 5. 2012



.....
podpis studenta

11 Použitá literatura

- [1] KRAUS, V.: [online]. 2011 [cit. 2012-01-15] *Povrchy a jejich úpravy*. Dostupné z WWW: <http://tzs.kmm.zcu.cz/POUcelk.pdf>
- [2] KUBÁTOVÁ, Hana. *Nátěry kovů*. Praha: Grada publishing s.r.o., 2000. ISBN 80-247-9035-1.
- [3] BARABASZOVÁ, Karla. *Nanotechnologie a nanomateriály*. Ostrava: tiskárna Schenk, 2006. ISBN 80-248-1210-X.
- [4] MOHYLA, Miroslav: *Technologie povrchových úprav*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 2006. ISBN 80-248-1217-7
- [5] Nordson CS, spol. s r.o. <Http://www.nordson.cz/> [online]. © 2012 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <http://www.nordson.cz/Businesses/Powder/Applications/pipetuberebar.htm>
- [6] KARTOUSEK, Jan. *Konstrukční řešení dopravníku mikrovlnné komory*. Zlín, 2006-02-14. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10563/885>. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíne. Vedoucí práce Dvořák, Zdeněk.
- [7] Arcelor Mittal Ostrava a.s. <Www.arcelormittal.com/ostrava/> [online]. březen 2006 [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: http://www.arcelormittal.com/ostrava/pdf/MITTAL_Z15_katalog_cz.pdf
- [8] TTR, s.r.o. [online]. 2011 [cit. 2012-02-18]. *Válečkové tratě*. Dostupné z WWW: http://www.ttr.cz/valeckove_trate.html
- [9] <Www.metal-ps.com>. *Firma METAL-PS, spol. s r. o.* [online]. © 2008 [cit. 2012-02-24]. Dostupné z: http://www.metal-ps.com/dopravnik/pic/akumula_n1.htm
- [10] TECA-BRNO s.r.o. [online]. 2011 [cit. 2012-02-24]. *Podvěsné dopravníky*. Dostupné z WWW: <http://www.teca.cz/>
- [11] Jeti a.s. [online]. 2011 [cit. 2012-02-24]. *Průjezdni pece*. Dostupné z WWW: <http://www.jetti.cz/sortiment/susky-pece-a-vytekaci-tunely/prujezdni-pece.htm>
- [12] POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. *Dopravní a manipulační zařízení I.* [online]. 1. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2001 [cit. 2012-03-15].

ISBN 80-248-0043-8. Dostupné z:

http://www.id.vsb.cz/pol25/Polak_DaMZ_1_NP.pdf

- [13] *Conveyor Teknik a.s.* [online]. 2010 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z:
http://www.conveyorteknik.dk/filer/pdf/PF%2080_CZ.pdf
- [14] Fapros družstvo. *Www.fapros.cz* [online]. [cit. 2012-04-20]. Dostupné z:
<http://www.fapros.cz/dopravniky-dvoudrahove-retezove.html>
- [15] TTR s.r.o. *Http://www.ttr.cz* [online]. [2011] [cit. 2012-03-15]. Dostupné z:
http://www.ttr.cz/%C5%99et%C4%Bzove_dopravniky.html
- [16] TMT spol. s r.o. *Http://www.ttr.cz* [online]. © 2006 - 2012 [cit. 2012-03-15].
Dostupné z: <http://www.tmt.cz/web/website/mainmenu/vyrobní-program/retezove-a-remenove-dopravniky/retezove-dopravniky/>
- [17] Doman Praha s.r.o. *Doman.cz* [online]. 2004 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z:
<http://www.doman.cz/podves2.htm>
- [18] *Betafiniš, spol. s r.o* [online]. © 2010 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z:
<http://www.betafinis.cz/strikaci-pistole-ap-8j.aspx>
- [19] SMETANA, Jiří. *Projektování technologických pracovišť*. 1. vyd. VŠB v Ostravě: Ostravské tiskárny, státní podnik, provoz Karviná, 1990, 195 s.
ISBN 80-7078-033-9